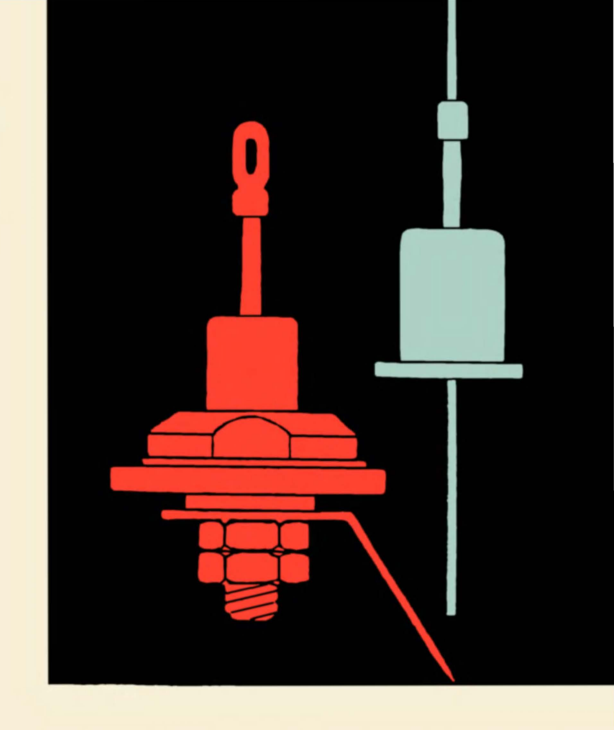
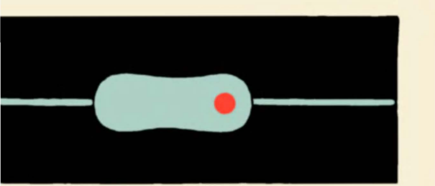




В. К. ЛАБУТИН

Полупроводниковые диоды





МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Справочная серия

Выпуск 643

В. К. ЛАБУТИН

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

ИЗДАНИЕ 2-е, ПЕРЕРАБОТАННОЕ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1967

УДК 621.312.2

6Ф2.13
Л 12

Лабутин В. К.

Л 12

Полупроводниковые диоды. Изд. 2-е, переработ. М., «Энергия», 1967.

32 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 643) 140 000 экз. 08 коп.

Брошюра содержит справочные данные по полупроводниковым диодам отечественного производства. Даны краткие пояснения к приводимым в таблицах параметрам и важнейшие сведения по правилам эксплуатации диодов.

Предназначена для радиолюбителей-конструкторов.

3-4-5
332-67

6Ф2.13

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

По исходному полупроводниковому материалу диоды делятся на две основные группы: *германиевые* и *кремниевые* Первые работают при температурах не выше +70° С, а вторые — до +125—150° С.

По конструктивно-технологическому признаку также различают две разновидности диодов: *точечные* и *плоскостные*. У точечных диодов (рис. 1, *а*) выпрямляющий контакт образуется под точкой касания полупроводниковой пластинки острием металлической иглы, причем пропускное направление соответствует прохождению тока от иглы к пластинке. У плоскостных диодов (рис. 1, *б*) выпрямляющими свойствами обладает поверхность раздела двух областей полупроводника с разными типами проводимости (дырочной *р* и электронной *п*) внутри монокристаллического объема полупроводника (*р-п* переход). Наиболее распространенные плоскостные диоды — *сплавные*, у которых *р-п* переход образуется в результате рекристаллизации сплава исходного полупроводника с примесным веществом таблетки, помещенной на его поверхности, (рис. 1, *б*)

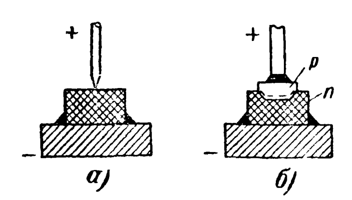


Рис. 1. Устройство полупроводниковых диодов.

а — точечного; *б* - плоскостного сплавного.

Сплавные диоды позволяют пропускать значительно бо́льшие токи и отличаются лучшим постоянством характеристик, но обладают повышенными емкостями, что ограничивает их применение на высоких частотах.

Специальные технологические приемы (электролитическая обработка, диффузия примесей из газа) лежат в основе изготовления плоскостных диодов с особенно малой площадью переходов — микроплоскостных и диффузионных меза-диодов. Эти диоды сочетают удовлетворительные высокочастотные свойства с основными преимуществами сплавных диодов.

По областям применения различают диоды универсального назначения, силовые выпрямительные диоды, стабилизаторы напряжения («опорные» диоды) и ряд разновидностей диодов специализированного назначения (СВЧ-диоды, диоды для умножения частоты, варикапы, туннельные и др.). Выпускаются также высоковольтные столбы, состоящие из нескольких однотипных диодов,

включенных последовательно, и блоки, содержащие диоды как в последовательном (для повышения допустимого напряжения), так и в параллельном (для повышения тока) соединениях.

Таблица 1

Второй элемент старого обозначения типа диодов

Классы диодов	Германиевые	Кремниевые
Точечные	1—100	101—200
Плоскостные	301—400	201—300
Стабилитроны	801—900	
Варикапы	901—1000	
Выпрямительные столбы .	1001 ...	

Диоды, разработанные ранее 1964 г., маркировались буквой Д и порядковым номером, причем для диодов различных классов использовались числа в пределах различных сотен (табл. 1). Исключение составляют выпрямительные диоды серии Д7. После числа в качестве третьего элемента обозначения часто применяются начальные буквы русского алфавита (А, Б, В и т. д.), отличающие разновидности диодов одного типа (подтипы).

В настоящее время принята новая система обозначения типов диодов, допускающая образование марки диода из четырех элементов. Первым элементом обозначения служит буква или цифра, указывающая исходный полупроводниковый материал (табл. 2). Второй элемент обозначения (буква, см. табл. 3) указывает класс диода. Третьим элементом является трехзначный номер, причем номера различных сотен используются для дополнительной классификации диодов по группам применения (см. табл. 3). В качестве четвертого элемента (необязательного) могут применяться буквы русского алфавита для различения разновидностей диода данного типа.

Таблица 2

Первый элемент нового обозначения типа диодов

Исходный полупроводник	Обозначение	
	цифровое	буквенное
Германий	1	Г
Кремний	2	К
Арсенид галлия	3	А

Пример: 2Ц202А — кремниевый выпрямительный столб средней мощности, разновидность типа А.

В настоящей брошюре приводятся справочные данные по наиболее распространенным типам диодов отечественного производства. Для облегчения ориентировки в распределении диодов по различным таблицам в табл. 4 приведен перечень всех помещенных в справочнике диодов в порядке возрастания их номеров с указанием таблиц и конструктивных чертежей.

Таблица 3

Второй и третий элементы нового обозначения типа диода

Классы диодов	Второй элемент	Третий элемент			
		Без градаций по мощности	Диоды малой мощности	Диоды средней мощности	Диоды большой мощности
Выпрямительные диоды	Д	101—399	—	—	—
Универсальные диоды	Д	401—499	—	—	—
Импульсные диоды	Д	501—599	—	—	—
СВЧ-диоды	А	—	—	—	—
смесительные		101—199	—	—	—
видеодетекторы		201—299	—	—	—
модуляторные		301—399	—	—	—
параметрические		401—499	—	—	—
переключающие		501—599	—	—	—
умножительные		601—699	—	—	—
Выпрямительные столбы	Ц	—	101—199	201—299	—
Выпрямительные блоки	Ц	—	301—399	401—499	501—599
Варикапы	В	101—999	—	—	—
Стабилитроны	С	—	—	—	—
на напряжение 1—9,9 *в*		—	101—199	401—499	701—799
на напряжение 10—99 *в*		—	201—299	501—599	801—899
на напряжение 100—199 *в*		—	301—399	601—699	901—999
Фотодиоды	Ф	101—199	—	—	—
Переключатели:					
неуправляемые	Н	—	101—199	201—299	301—399
управляемые	У	—	101—199	201—299	301—399
Туннельные диоды:	И	—			
усилительные		101—199	—	—	—
генераторные		201—299	—	—	—
переключающие		301—399	—	—	—

Таблица 4

Перечень типов диодов, помещенных в справочнике

Тип	Краткая характеристика	№ таблицы	Конструкция (рис.)
Д2Б—Д2И	Точечный германиевый универсального назначения	5	7—*Б*
Д7Б—Д7Ж	Плоскостной германиевый выпрямительный	6	7—*Г*
Д9А—Д9М	Точечный германиевый универсального назначения	5	7—*А*
Д10—Д10Б	Точечный германиевый для широкополосных ограничителей и детекторов	7	7—*Б*

Тип	Краткая характеристика	№ таблицы	Конструкция (рис.)
Д11—Д14А	Точечный германиевый универсального назначения	5	7—*Б*
Д18	Точечный германиевый импульсный	8	7—*В*
Д20	То же	8	7—*В*
Д101—Д103А	Точечный кремниевый универсального назначения	5	7—*Б*
Д104—Д106А	То же	5	7—*В*
Д202—Д205	Плоскостной кремниевый выпрямительный	6	8—*Б*
Д206—Д211	То же	6	7—*Г*
Д217—Д218	» »	6	7—*Г*
Д219А—Д220Б	Плоскостной кремниевый импульсный	8	7—*В*
Д223—Д223Б	Микроплоскостной кремниевый универсального назначения	5	7—*В*
Д226—Д226Е	Плоскостной кремниевый выпрямительный	6	7—*Г*
Д227А—Д227И	Многослойный кремниевый переключатель неуправляемый	12	8—*Б*
Д228А—Д228И	То же	12	7—*Г*
Д231—Д234БП	Плоскостной кремниевый выпрямительный	6	8—*В*
Д235А—Д235Г	Многослойный кремниевый переключатель управляемый	12	8—*Д*
Д238А—Д238Е	То же	12	8—*Е*
Д242—Д248БП	Плоскостной кремниевый выпрямительный	6	8—*В*
Д302—Д305	Плоскостной германиевый выпрямительный	6	8—*Г*
Д310	Плоскостной германиевый импульсный	8	7—*Д*
Д311—Д312А	То же	8	—
Д808—Д813	Кремниевый стабилитрон	9	7—*Д*
Д814А—Д814Д	То же	9	7—*Е*
Д815А—Д817ГП	» »	9	8—*А*
Д818А—Д818Е	» »	9	7—*Д*
Д901А—Д901Е	Плоскостной кремниевый варикап	10	7—*Д*
Д1004—Д1008	Плоскостной кремниевый выпрямительный столб	6	9
Д1009—Д1011А	То же	6	9
КЦ401А—КЦ401Б	Плоскостной кремниевый выпрямительный блок	6	9
1И302	Германиевый туннельный	11	7—*Ж*
2Д503А—2Д503Б	Плоскостной кремниевый импульсный	8	7—*А*
2С156—2С168	Кремниевый стабилитрон	9	7—*Д*
2С920А—2С980АП	То же	9	8—*А*
3И301	Арсенид-галлиевый туннельный	11	7—*И*

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДОВ

Вольт-амперные характеристики выражают зависимость тока, проходящего через диод, от величины и полярности приложенного к нему напряжения. У выпрямительных диодов, диодов универсального назначения, импульсных и некоторых других классов вольтамперная характеристика имеет форму, показанную на рис. 2, *а*. «Прямая» ветвь, изображенная в правом верхнем квадранте, соответствует пропускному направлению тока, а «обратная» ветвь (в левом нижнем квадранте) — запорному. Чем круче и ближе к вертикальной оси поднимается прямая ветвь и чем ближе к горизонтальной оси и на большем ее протяжении прилегает к ней обратная ветвь, тем лучше диод. Требованиям, предъявляемым к прямой ветви лучше всего удовлетворяют германиевые плоскостные диоды, а обратная ветвь лучше у кремниевых диодов.

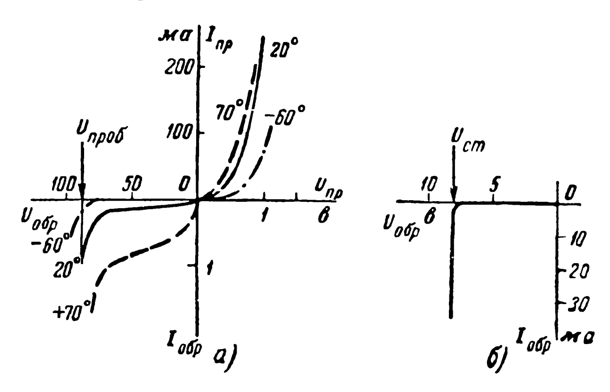


Рис. 2. Типичный вид вольт-амперной характеристики полупроводникового диода (*а*) и обратной ветви стабилитрона (*б*).

При достаточно большом обратном напряжении у любого диода наблюдается резкое увеличение обратного тока, называемое пробоем.

Нормальная работа диодов в качестве элементов с односторонней проводимостью обычно возможна лишь в таких режимах, когда обратное напряжение не превышает пробивного ($U_{проб}$ на рис. 2, *а*). В то же время нормальная работа с т а б и л и т р о н о в (кремниевых стабилизаторов напряжения) основана именно на заходе в область электрического пробоя, который не опасен для диода до тех пор, пока внешнее сопротивление ограничивает ток, проходящий через диод, и предотвращает перегрев диода. Для стабилитронов особенно важно, чтобы обратный ток при увеличении обратного напряжения вплоть до $U_{проб}$ оставался минимальным, а при достижении пробивного напряжения сразу же резко нарастал (рис. 2, *б*).

При повышении температуры как прямой так и обратный токи увеличиваются, а при понижении температуры уменьшаются (рис. 2, *а*). Пробивное напряжение в зависимости от типа диода может по-разному зависеть от температуры, но чаще всего оно понижается с повышением температуры.

У туннельных диодов, изготовляемых из особо низкоомных полупроводников, вольт-амперная характеристика в области малых прямых напряжений имеет падающий участок (рис. 3). Это позволяет применять такие диоды для усиления и генерации электрических колебаний, а также в разнообразных импульсных устройствах в качестве элементов, заменяющих усилительные лампы и транзисторы. Качество туннельного диода определяется протяженностью и крутизной падающего участка вольт-амперной характеристики. Обратная ветвь у туннельных диодов идет очень круто, и уже при обратных напряжениях в несколько десятых долей вольта через диод проходит большой обратный ток.

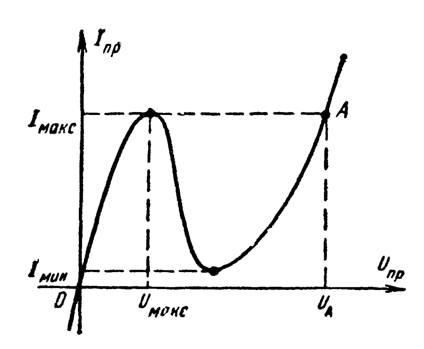


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика туннельного диода.

Иной формы падающий участок имеют вольт-амперные характеристики многослойных переключающих диодов. В отличие от обычных диодов, у которых в полупроводниковой пластинке создано две области с разными типами проводимости (*p-n*), переключающие диоды состоят из пластинки, в которой на пути тока находятся четыре области с чередующимися типами проводимости (*p-n-p-n*).

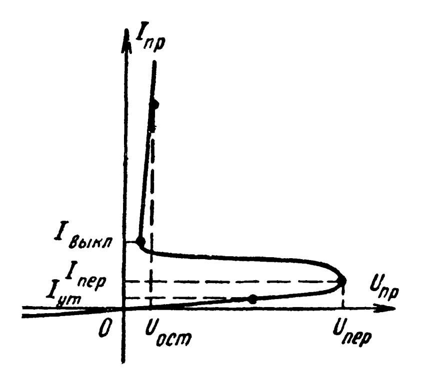


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика неуправляемого переключающего диода.

Если диод снабжен двумя выводами (от крайних областей), то он называется неуправляемым и имеет вольт-амперную характеристику, показанную на рис. 4. Такой диод подобен газотрону: пока приложенное напряжение меньше $U_{пер}$, через диод проходит незначительный «ток утечки» $I_{ут}$; по достижении напряжения $U_{пер}$ происходит своеобразный пробой, сопровождающийся резким уменьшением падения напряжения на диоде (до $U_{ост}$) наряду с увеличением тока. После перехода в отпертое состояние во избежание перегрузки диода излишек напряжения должен гаситься в сопротивлениях внешней цепи. Для обратного перевода переключающего диода в запертое состояние требуется уменьшить ток через диод до значения ниже $I_{выкл}$, для чего надо значительно уменьшить или снять вовсе внешнее напряжение.

Если от одной из внутренних областей структуры *р-п-р-п* сделан третий вывод, то отпирать диод можно не только путем повышения напряжения, приложенного ко всем четырем слоям, но также пропусканием небольшого прямого тока через крайний *р-п* переход, от которого имеются два вывода.

Такой диод подобен тиратрону и называется управляемым переключающим диодом. В зависимости от тока $I_у$ в цепи управляющего электрода изменяется и переключающее напряжение $U_{пер}$, поэтому для управляемых переключающих диодов вместо одной вольт-амперной характеристики можно привести семейство характеристик (рис. 5).

Характеристиками аналогичного вида обладают и кремниевые управляемые выпрямители (КУВ), которые имеют структуру, сходную со структурой управляемых переключающих диодов.

Вместо графического представления вольт-амперных характеристик для диодов всех классов часто указывают отдельные точки этих характеристик, называемые электрическими параметрами диодов.

Электрические параметры диодов универсального назначения. Для оценки прямой ветви вольт-амперной характеристики указывается *прямой ток* при оговариваемом приложенном к диоду напряжении или *падение прямого напряжения* на диоде при оговариваемом токе через диод.

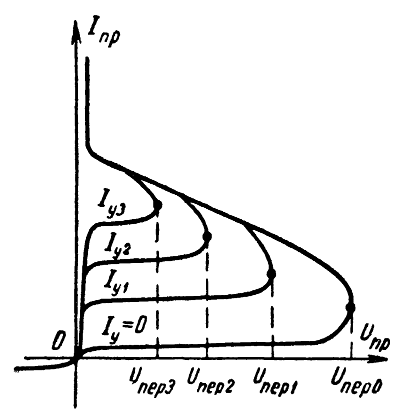


Рис. 5. Вольт-амперные характеристики управляемого переключающего диода.

Обратная ветвь характеризуется *обратным током* при оговариваемом обратном напряжении Во избежание порчи диода в справочных данных указывается допустимое *максимальное обратное напряжение,* при котором гарантируется отсутствие пробоя, и допустимый *максимальный прямой ток,* при котором не происходит опасного перегрева диода.

При применении диодов универсального назначения в высокочастотных цепях важными их параметрами являются *проходная емкость,* увеличивающая проводимость диода, когда он находится в запертом состоянии и *наивысшая рабочая частота.* Последняя определяется по снижению выпрямленного диодом тока. Указываемые в справочных данных наивысшие рабочие частоты следует рассматривать как ориентировочные, так как на практике эффективность работы диода в высокочастотных цепях сильно зависит от параметров этих цепей и выполняемых ими функций.

Электрические параметры выпрямительных диодов. Большинство параметров диодов этой группы определяется при испытаниях диодов непосредственно в схеме однополупериодного выпрямителя с чисто активной нагрузкой (без сглаживающего пульсацию конденсатора). Испытания проводят при *максимальной амплитуде обратного напряжения,* а сопротивление нагрузки выбирают так, чтобы

достигался *максимальный выпрямленный ток* В этом режиме определяют *прямое падение напряжения* как среднее за положительный полупериод значение напряжения на диоде и *обратный ток* как среднее за отрицательный полупериод значение обратного тока через диод.

Следует помнить, что при работе выпрямителя на емкостную нагрузку, а также в схемах двухполупериодных выпрямителей приложенное к диоду обратное напряжение может стать вдвое больше, чем в схеме однополупериодного выпрямителя с активной нагрузкой при той же амплитуде выпрямляемого напряжения. Поэтому на практике действующее значение переменного напряжения, выпрямляемого данным диодом, часто ограничивают величиной, в 2,8 раза меньше указываемой в справочных данных максимальной амплитуды обратного напряжения.

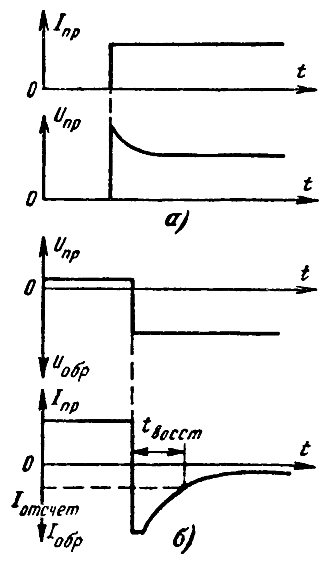


Рис. 6 Переходные процессы отпирания (*а*) и запирания (*б*) полупроводникового диода в импульсном режиме

Выпрямительные диоды предназначаются главным образом для работы в силовых устройствах при относительно низкой частоте переменного тока (50 *гц*, 400 *гц*, иногда 5—20 *кгц* — в схемах преобразователей напряжения).

Диоды, предназначаемые для выпрямления (детектирования) высокочастотных токов, обычно описывают параметрами диодов универсального назначения (см. выше), но иногда для них указываются некоторые параметры выпрямительных диодов. В таких случаях *выпрямленный ток на высокой частоте* (см. справочные таблицы) измеряют при короткозамкнутой цепи нагрузки.

Электрические параметры импульсных диодов. При работе диодов в импульсных схемах при крутых фронтах импульсов прямого тока и обратного напряжения падение напряжения на диоде и обратный ток через него устанавливаются с некоторой задержкой (рис. 6) При этом в первый момент после подачи прямого тока прямое сопротивление диода повышено, а в первый момент после подачи обратного напряжения обратное сопротивление понижено. Для учета этих особенностей поведения диодов в импульсных схемах вводятся следующие два параметра.

Импульсное сопротивление (прямое) — отношение максимального всплеска прямого напряжения на диоде к вызвавшему его импульсу тока.

Время восстановления (обратного сопротивления) — отрезок времени от момента смены направления тока через диод с прямого на обратное до момента, когда обратный ток уменьшится до заданного отсчетного уровня.

При кратковременных импульсах прямого тока можно не опасаться губительного перегрева диода при значительно бо́льших токах, чем в статическом режиме. Поэтому в справочных данных по импульсным диодам часто указывают *максимальный импульс тока* (при оговоренной длительности). Однако указываемое для того же диода допустимое *среднее значение прямого тока*, определенное с учетом частоты следования импульсов, все равно не должно превышаться.

Для импульсных диодов указывают также основные параметры диодов универсального назначения (см. выше).

Электрические параметры стабилитронов. Основной параметр стабилитрона — *напряжение стабилизации* ($U_{ст}$ на рис. 2, *б*). Вследствие прохождения через стабилитрон небольшого обратного тока при напряжениях ниже $U_{ст}$ и плавного нарастания тока перед точкой пробоя высокая эффективность стабилизации напряжения гарантируется лишь при токах, превышающих некоторый *минимальный ток стабилизации*. Во избежание перегрева стабилитрона не разрешается превосходить оговариваемый в справочных данных *максимальный ток стабилизации* или превышать *максимальную допустимую мощность*.

Эффективность стабилизации напряжения зависит от *динамического сопротивления* стабилитрона — отношения приращения напряжения на стабилитроне к вызывающему это приращение изменению тока через стабилитрон Температурная стабильность напряжения описывается *температурным коэффициентом напряжения* стабилизации (ТКН) — приращением напряжения $U_{ст}$ (в процентах) при повышении температуры стабилитрона на 1° С.

Электрические параметры варикапов. Варикапы применяют, как правило, при обратных напряжениях, когда емкость *p-n* перехода шунтируется лишь незначительной проводимостью утечки.

Номинальная емкость варикапа определяется при относительно небольшом обратном напряжении (обычно при 4 *в*).

Коэффициент перекрытия указывает отношение максимальной емкости варикапа (при некотором низком напряжении) к минимальной емкости (при наибольшем допустимом напряжении). В практических схемах при выборе иных пределов изменения управляющего напряжения коэффициент перекрытия может отличаться от справочного значения.

Добротность варикапа подобно добротности обычного конденсатора равна отношению реактивного емкостного сопротивления к эквивалентному последовательному сопротивлению потерь. Добротность варикапа достигает максимального значения (порядка тысяч единиц) на средних частотах (0,2—1 *Мгц*) и снижается как на более высоких, так и на более низких частотах.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) варикапа указывает относительное приращение емкости при повышении температуры на 1° С. При увеличении обратного напряжения ТКЕ варикапа уменьшается.

Электрические параметры туннельных диодов. Основными параметрами туннельных диодов являются координаты граничных точек падающего участка вольт-амперной характеристики (см. рис. 3). Обычно указывают *ток* и *напряжение в точке максимума*, а также *отношение тока в максимуме к току в минимуме*. Иногда приводится еще значение напряжения в точке восходящей ветви (*А* на рис. 3), которая соответствует тому же току, что и точка максимума,

Так как туннельные диоды широко применяются в диапазоне СВЧ и в быстродействующих импульсных схемах, их важным параметром, ограничивающим высшие рабочие частоты, является *емкость диода.*

Электрические характеристики переключающих диодов. Ряд основных параметров переключающих диодов ($U_{пер}$, $I_{ут}$, $I_{пер}$, $U_{ост}$, $I_{выкл}$) был пояснен при описании вольт-амперных характеристик переключающих диодов (см. рис. 4 и 5). Для описания быстродействия диодов-переключателей указывают *время включения* — интервал времени с момента подачи отпирающего импульса до момента снижения падения напряжения на диоде до заданного уровня и *время выключения* — минимальная продолжительность запирающего импульса, переводящего диод из отпертого состояния в запертое. Эти два параметра сильно зависят от схемы, в которой применяют диод. Кроме того, частотные свойства переключающих диодов характеризуют проходной емкостью, которую измеряют в отсутствие постоянного напряжения на диоде.

Во избежание порчи переключающих диодов оговаривают *максимальное допустимое обратное напряжение* и *максимальный прямой ток.* В режиме кратковременных импульсов допускают больший максимальный прямой ток, чем при длительных включениях.

Для управляемых переключающих диодов оговаривают значение *управляющего тока*, при котором определяют все параметры, и, кроме того, указывают *максимальную рассеиваемую мощность.*

УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ДИОДОВ

Для предотвращения механических повреждений диодов (особенно точечных в миниатюрных стеклянных корпусах) надо осторожно обращаться с их выводами, не подвергать выводы многократным перегибам, избегать острых углов перегиба, изгибать выводы лишь на расстоянии не менее нескольких миллиметров от корпуса диода. Хотя полупроводниковые диоды в целом обладают высокой механической прочностью, все же их следует оберегать от падения с большой высоты. При эксплуатации в условиях вибраций (на транспорте) диоды всех типов необходимо прочно крепить за корпус. Конструкции маломощных диодов приведены на рис. 7.

Наиболее опасно для полупроводниковых диодов воздействие высокой температуры (выше 85° С для германиевых и выше 150° С для кремниевых) Поэтому необходимы определенные предосторожности при впаивании диодов в схему и при работе паяльником вблизи вмонтированных диодов. Припаивать выводы диодов надо быстро (в течение 2—3 *сек*) и на возможно большем расстоянии от корпуса. Полезно применять низкотемпературные припои и маломощные паяльники. При невозможности выполнить эти рекомендации во время пайки выводов между припаиваемой точкой и корпусом диода надо создавать теплоотвод, например зажимать припаиваемый вывод плоскогубцами и отпускать их лишь после остывания места пайки.

Не менее опасен перегрев диода во время работы, который может произойти в результате расположения его вблизи других нагревающихся элементов (ламп, трансформаторов и т. п.) или вследствие собственного тепловыделения. Конструируя аппаратуру с полупроводниковыми диодами, следует продумывать условия общего теплообмена разрабатываемого прибора с внешней средой, предусматривать отверстия для выхода теплого воздуха из корпуса прибора (эти

меры особенно необходимы в приборах с большим суммарным потреблением мощности).

Нормальная работа мощных выпрямительных диодов (см. табл. 6), как правило, требует применения дополнительных теплоотводов или даже принудительного охлаждения. В качестве теплоотвода могут применяться металлические пластины (из красной меди или алюминия), металлические шасси, на которых крепятся диоды, или специальные радиаторы.

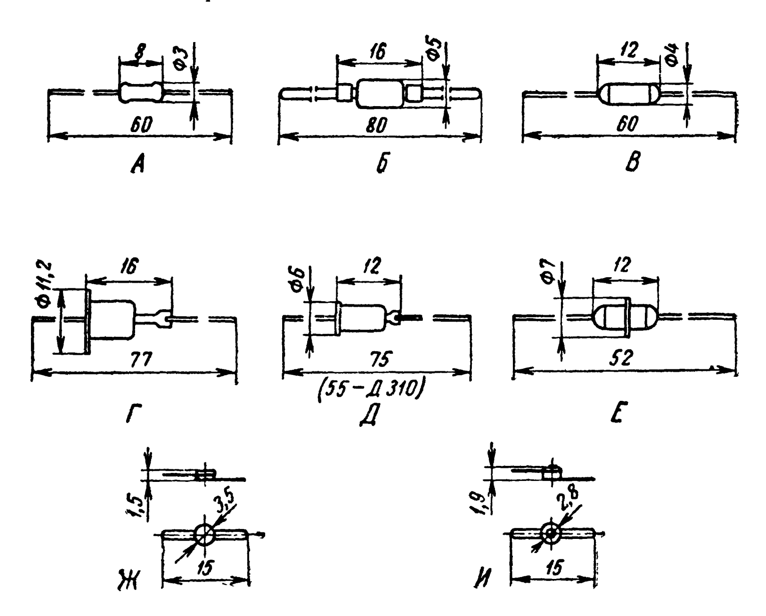


Рис. 7. Конструкции маломощных полупроводниковых диодов.

Теплоотвод зависит от общей поверхности радиатора, поэтому для экономии места выгодно делать радиаторы ребристыми. Высокая эффективность всех теплоотводящих элементов достигается только при условии, если между соприкасающимися поверхностями корпуса диода и теплоотвода нет воздушных прослоек. Эти части поверхностей часто полируют. Ввиду того что у большинства диодов один из электродов непосредственно соединен с корпусом, часто приходится вводить электрическую изоляцию корпуса диода от шасси. Для того чтобы при этом не слишком ухудшался теплоотвод, в качестве изоляционной прокладки применяют тончайший листок слюды. Еще лучше снабжать диод радиатором и изолировать от шасси радиатор.

Чем больше мощность, рассеиваемая диодом, и чем выше температура окружающей среды, тем совершеннее должен быть теплоотвод. Толщина медных или алюминиевых пластин, служащих теплоотводом, должна составлять не менее 1 *мм* для диодов в корпусах,

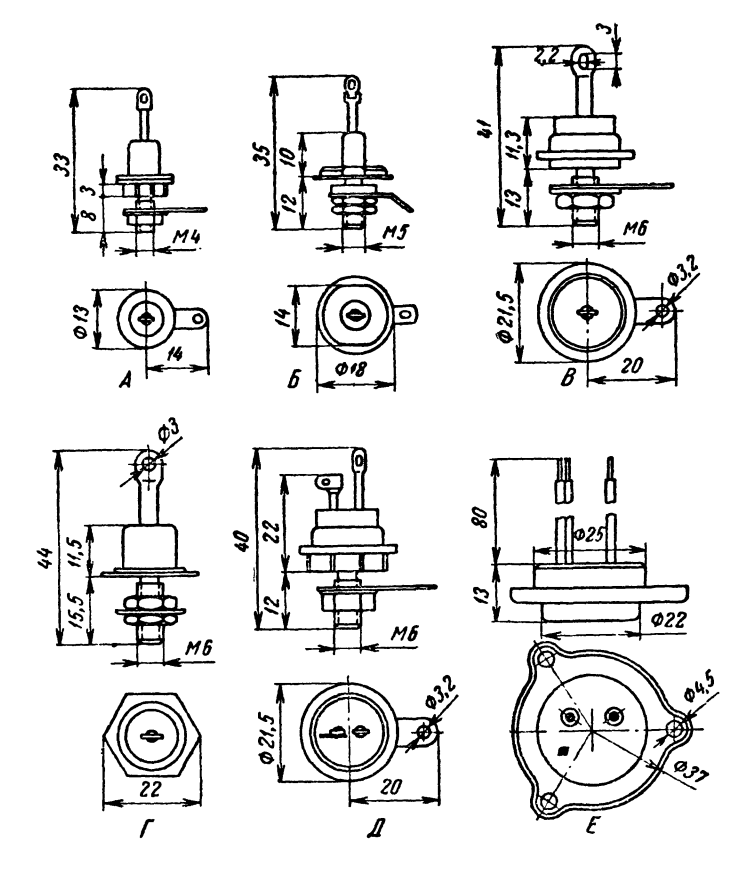


Рис. 8. Конструкции мощных полупроводниковых диодов.

снабженных винтом с резьбой М4 или М5 (*А* и *Б* на рис. 8), и не менее 3 *мм* для диодов в корпусах, снабженных резьбой М6 (*В — Е* на рис. 8). Площадь теплоотводящей пластины (в квадратных сантиметрах) надо выбирать в соответствии со следующими рекомендациями:

При токе	Д231—Д233 и Д242—Д248 (+25° С)	(+125° С)	Д302—Д305 (+25° С)
1*а*	—	—	—
2*а*	10	50	25
5*а*	25	100	50
10*а*	50	200	200

Для повышения эффективности теплоотвода пластины следует размещать вертикально. Надежность работы мощных выпрямительных диодов значительно повышается при применении воздушного обдува.

Для повышения допустимого выпрямленного тока однотипные выпрямительные диоды можно включать параллельно, а для повышения допустимого обратного напряжения — последовательно. Чтобы избежать неравномерного распределения токов при параллельном соединении, следует либо подбирать диоды с одинаковыми прямыми падениями напряжения, либо включать последовательно с каждым диодом уравнивающие ток резисторы. Эти резисторы должны обладать сопротивлением не менее 5 *ом* для диодов Д7Б — Д7Ж, Д206—Д211, Д217, Д218 и Д226, а для диодов Д202 — Д205 — не менее 8 *ом*.

При последовательном соединении во избежание неравномерного распределения обратного напряжения каждый диод следует шунтировать резистором или конденсатором. Для диодов Д7Б — Д7Ж, Д206 — Д211 и Д226 сопротивления шунтирующих резисторов выбирают из расчета 100 *ком* на каждые 100 *в* обратного напряжения, для диодов Д202 — Д205—70 *ком* на 100 *в*, а для диодов Д231—Д234, Д242 — Д248 и Д302 — Д305 — из расчета 10—15 *ком* на каждые 100 *в* обратного напряжения. Диоды Д217, Д218 при последовательном соединении следует шунтировать конденсаторами емкостью 50 *пф*. Выпрямительные столбы (рис. 9) Д1009—Д1011 при амплитуде обратного напряжения до 6 *кв* и Д1004 — Д1008 — до 50 *кв* можно включать последовательно без применения шунтов.

После изготовления выпрямителей с полупроводниковыми диодами полезно экспериментально проверить температуру диодов при помощи термопары, выполненной из проволок диаметром не более 0,2 *мм*. Установившаяся температура корпуса диодов (у мощных диодов — основания корпуса возле крепежного винта) не должна превышать 80° С для германиевых диодов и 135° С для кремниевых.

Для повышения надежности надо избегать применения диодов в режимах, сочетающих предельно допустимые температуру, напряжение и ток. Рекомендуется все диоды применять при обратных напряжениях, не превышающих 80% от предельно допустимого.

Некоторые типы диодов вследствие их малых размеров маркируют с помощью цветового кода, элементами которого служат цвет корпуса, окраска концов корпуса возле плюсового и минусового выводов (полярность соответствует прямому напряжению) или цветные точки возле этих выводов и цветные метки в средней части корпуса (см. табл. 13). У большинства диодов плюсовой вывод отмечают красной краской.

Корпус окрашивают также для светозащиты *p-n* перехода, так как ему свойствен фотоэффект. При работе с диодами, не имеющими светозащитного покрытия, надо помнить, что действие внешнего света может значительно увеличить обратный ток и даже привести к появлению фона переменного тока (особенно при освещении лампами дневного света).

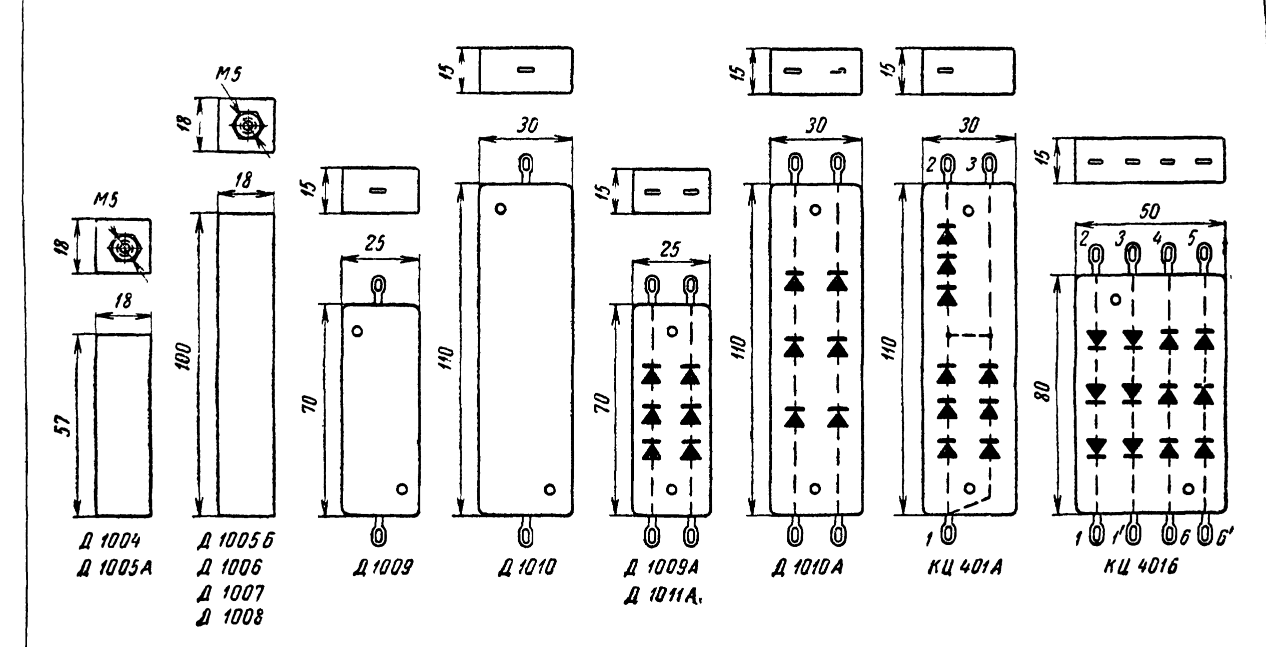


Рис. 9. Основные размеры высоковольтных выпрямительных столбов и блоков.

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица 5

Диоды универсального назначения

Тип	Прямой ток, *ма*, при напряжении +1 *в*, не менее	Максимальный выпрямленный ток, *ма*	Максимальное обратное напряжение, *в*		Обратный ток, *мка* (при обратном напряжении) при +20° C	Проходная емкость, *пф*	Наивысшая рабочая частота, *Мгц*	Диапазон рабочих температур, °C
			при +20° C	при максимальной рабочей температуре				
Германиевые								
Д2Б	5	16	30	30	100(10 *в*)			
Д2В	9	25	40	40	250(30 *в*)			
Д2Г	2	16	75	56	250(50 *в*)			
Д2Д	4,5	16	75	56	250(50 *в*)	⩽1	150	—60 ÷ +70
Д2Е	4,5	16	100	75	250(100 *в*)			
Д2Ж	2	8	150	112	250(150 *в*)			
Д2И	2	16	100	75	250(100 *в*)			
Д9А	10	25	10	10	250(10 *в*)			
Д9Б	90	40	10	10	250(10 *в*)			
Д9В	10	20	30	20	250(30 *в*)			
Д9Г	30	30	30	20	250(30 *в*)			
Д9Д	60	30	30	20	250(30 *в*)			
Д9Е	30	20	50	30	250(50 *в*)	1÷2	40	—60 ÷ +70
Д9Ж	10	15	100	45	250(100 *в*)			
Д9И	30	30	30	20	120(30 *в*)			
Д9К	60	30	30	20	60(30 *в*)			
Д9Л	30	15	100	45	250(100 *в*)			
Д9М	60	30	30	20	250(30 *в*)			

Окончание табл. 5

Тип	Прямой ток, *ма*, при напряжении +1 *в*, не менее	Максимальный выпрямленный ток, *ма*	Максимальное обратное напряжение, *в*		Обратный ток, *мка* (при обратном напряжении) при +20° С	Проходная емкость, *пф*	Наивысшая рабочая частота, *Мгц*	Диапазон рабочих температур, °С
			при +20° С	при максимальной рабочей температуре				
Д11	100	20	30	18	250(30 *в*)	⩽1	150	—60 ÷ +70
Д12	50	20	50	30	250(50 *в*)			
Д12А	100	20	50	30	250(50 *в*)			
Д13	100	20	75	45	250(75 *в*)			
Д14	30	20	100	60	250(100 *в*)			
Д14А	100	20	100	60	250(100 *в*)			
Кремниевые								
Д101	2[1]	30	100	50	10(75 *в*)	⩽0,5	200	—60 ÷ +150
Д101А	1	30	100	50	10(75 *в*)			
Д102	2[1]	30	75	30	10(50 *в*)			
Д102А	1	30	75	30	10(50 *в*)			
Д103	2[1]	30	30	20	30(30 *в*)			
Д103А	1	30	30	20	30(30 *в*)			
Д104	2[1]	30	100	50	10(75 *в*)	⩽0,6	600	—60 ÷ +150
Д104А	1	30	100	50	10(75 *в*)			
Д105	2[1]	30	75	20	10(50 *в*)			
Д105А	1	30	75	20	10(50 *в*)			
Д106	2[1]	30	30	20	30(30 *в*)			
Д106А	1	30	30	20	30(30 *в*)			
Д223	50	50	50	50	0,1(10 *в*)	—	20	—60 ÷ +125
Д223А	50	50	100	100	0,5(50 *в*)			
Д223Б	50	50	150	150	0,7(75 *в*)			

[1] При напряжении +2 *в*.

Таблица 6

Выпрямительные диоды, столбы и блоки

Тип	Максимальный выпрямленный ток, *а*	Максимальная амплитуда обратного напряжения, *в*		Прямое падение напряжения, *в*, не более	Обратный ток, *ма*, при максимальной амплитуде обратного напряжения[1]	Диапазон рабочих температур, °С	Охлаждение
		при +20° С	при максимальной рабочей температуре				
Германиевые							
Д7Б	0,3	100	50	0,5	0,1	—60 ÷ +70	Естественное
Д7Г	0,3	200	100	0,5	0,1		
Д7Д	0,3	300	130	0,5	0,1		
Д7Е	0,3	350	140	0,5	0,1		
Д7Ж	0,3	400	150	0,5	0,1		
Д302	1	200	40	0,25	1	—60 ÷ +70	Естественное с дополнительным теплоотводом
Д303	3	150	30	0,3	1		
Д304	5	100	25	0,3	3		
Д305	10	50	20	0,3	3		
Кремниевые							
Д202	0,4	100	100	1	0,5	—60 ÷ +125	Естественное с дополнительным теплоотводом 40 *см*²×1 *мм*
Д203	0,4	200	200	1	0,5		
Д204	0,4	300	300	1	0,5		
Д205	0,4	400	400	1	0,5		

Продолжение табл 6

Тип	Максимальный выпрямленный ток, *а*	Максимальная амплитуда обратного напряжения, *в*		Прямое падение напряжения, *в*, не более	Обратный ток, *ма*, при максимальной амплитуде обратного напряжения[1]	Диапазон рабочих температур, °С	Охлаждение
		при +20° С	при максимальной рабочей температуре				
Д206	0,1	100	100	1	0,1	—60 ÷ +120	Естественное
Д207	0,1	200	200	1	0,1		
Д208	0,1	300	300	1	0,1		
Д209	0,1	400	400	1	0,1		
Д210	0,1	500	500	1	0,1		
Д211	0,1	600	600	1	0,1		
Д217	0,1[2]	800	800	0,7	0,15	—60 ÷ +120	То же
Д218	0,1[2]	1 000	1 000	0,7	0,15		
Д226	0,3	400		1	0,03	—60 ÷ +125	То же
Д226А	0,3	300		1	0,03		
Д226В	0,3	400		1	0,1		
Д226Г	0,3	300		1	0,1		
Д226Д	0,3	200		1	0,1		
Д226Е	0,3	100		1	0,1		
Д231	10[3]	300	300	1	3	—60 ÷ +130	Естественное с дополнительным теплоотводом или принудительное
Д231А	10	300	300	1	3		
Д231Б	5[4]	300	300	1,5	3		

Продолжение табл. 6

Тип	Максимальный выпрямленный ток, *а*	Максимальня амплитуда обратного напряжения, *в*		Прямое падение напряжения, *в*, не более	Обратный ток, *ма*, при максимальной амплитуде обратного напряжения[1]	Диапазон рабочих температур, °С	Охлаждение
		При +20° С	при максимальной рабочей температуре				
Д232	10[3]	400	400	1	3	−60 ÷ +130	Естественное с дополнительным теплоотводом или принудительное
Д232А	10	400	400	1	3		
Д232Б	5[4]	400	400	1,5	3		
Д233	10[3]	500	500	1	3		
Д233Б	5[4]	500	500	1,5	3		
Д234Б	5[4]	600	600	1,5	3		
Д242	10[3]	100	100	1	3	−60 ÷ +125	То же
Д242А	10	100	100	1	3		
Д242Б	5[4]	100	100	1	3		
Д243	10[3]	200	200	1	3		
Д243А	10	200	200	1	3		
Д243Б	5[4]	200	200	1	3		
Д244	10[3]	50	50	1	3		
Д244А	10	50	50	1	3		
Д244Б	5[4]	50	50	1	3		
Д245	10[3]	300	300	1	3		
Д245А	10	300	300	1	3		
Д245Б	5[4]	300	300	1	3		
Д246	10[3]	400	400	1	3		
Д246Б	5[4]	400	400	1	3		
Д247	10[3]	500	500	1	3		
Д247Б	5[4]	500	500	1	3		
Д248Б	5[4]	600	600	1	3		

Окончание табл. 6

Тип	Максимальный выпрямленный ток, *а*	Максимальная амплитуда обратного напряжения, *в*		Прямое падение напряжения, *в*, не более	Обратный ток, *ма*, при максимальной амплитуде обратного напряжения[1]	Диапазон рабочих температур, °С	Охлаждение
		при +20° С	при максимальной рабочей температуре				
Д1004	0,1[5]	2 000	2 000	5	0,25	—60 ÷ +125	Естественное
Д1005А	0,05[5]	4 000	4 000	5	0,25		
Д1005Б	0,1[5]	4 000	4 000	10	0,25		
Д1006	0,1[5]	6 000	6 000	10	0,25		
Д1007	0,075[5]	8 000	8 000	10	0,25		
Д1008	0,05[5]	10 000	10 000	10	0,25		
Д1009	0,1	2 000	2 000	7	0,3	—60 ÷ +80	То же
Д1009А	0,1	1 000	1 000	3,5	0,3		
Д1010	0,3	2 000	2 000	11	0,3		
Д1010А	0,3	1 000	1 000	5,5	0,3		
Д1011А	0,3	500	500	2,5	0,3		
КЦ401А	0,4/0,3[6]	500	500	2,5	0,1	—55 ÷ +60	То же
КЦ401Б	0,4	500	500	2,5	0,1		

[1] При температуре 20° С для германиевых диодов и для диодов типа Д226—Д226Е; для остальных кремниевых диодов — при максимальной рабочей температуре.

[2] При +120° С снижается до 50 *ма*.

[3] При +130° С снижается до 5 *а*.

[4] При +130° С снижается до 2 *а*.

[5] При +125° С снижается на 60%.

[6] В числителе — для плеча между выводами *1—3*, в знаменателе — для плеча *2—3* (см рис. 9), остальные данные блоков КЦ401А и КЦ401Б приведены для каждого плеча.

Диоды типов Д231—Д234 и Д242—Д248 с дополнительной буквой П в конце обозначения (например, Д231АП) отличаются от диодов аналогичных марок без буквы П (например, Д231А) только обратной полярностью внешних выводов (с корпусом диода соединен плюс).

Таблица 7

Точечные германиевые диоды для широкополосных ограничителей и детекторов

Основные параметры	Д10	Д10А	Д10Б
Выпрямленный ток, *ма*, при напряжении 1,5 *в* на частоте 70 *Мгц*, не менее	3	5	8
Обратный ток, *ма*, не более	0,1	0,2	0,2
Допустимая амплитуда обратного напряжения	10 *в*		
Проходная емкость	⩽1 *пф*		
Диапазоны температур окружающей среды	—60 ÷ +70° C		

Таблица 8

Импульсные диоды

Тип	Максимальный импульс тока, *ма*, при длительности 10 *мксек*	Выпрямленный ток, *ма*	Прямое импульсное сопротивление, *ом*, при 50 *ма*, не более	Максимальное обратное напряжение, *в*	Обратный ток, *мка*, не более	Время восстановления, *мксек*	Емкость диода, *пф*, не более	Диапазон рабочих температур, °С
Германиевые								
Д18	50	20[1]	100	20	50	0,1	0,5	—60 ÷ +70
Д20	50	20[1]	100	10	50	0,07	—	—60 ÷ +70
Д310	800	500[1]	3[2]	20	10	0,3	15	—65 ÷ +75
Д311	500	40	25	30	100	0,05	1,5	—60 ÷ +70
Д311А	500	80	20	30	100	0,05	3	
Д311Б	500	20	30	30	100	0,05	2	
Д312	250	50	25	100	100	0,5	3	
Кремниевые								
Д219А	500	50	50	70	1	0,5	15	—60 ÷ +100
Д220	500	50	75	50	1	0,5	15	
Д220А	500	50	75	70	1	0,5	15	
Д220Б	500	50	75	100	1	0,5	15	
2Д503А	200	20	50	30	4	0,01	5	—60 ÷ +120
2Д503Б	200	20	70	30	4	0,01	2,5	

[1] Максимальный прямой ток.
[2] При $I_{имп}$=800 *ма*.

Таблица 9

Кремниевые стабилитроны

Тип	Напряжение стабилизации, *в*	Максимальный ток стабилизации, *ма*	Дифференциальное сопротивление, *ом*	Температурный коэффициент напряжения, %/°С	Максимальный прямой ток, *а*	Максимальная мощность, *вт*	Диапазон рабочих температур, °С	Охлаждение
Д808	7—8,5	33	6	—				
Д809	8—9,5	29	10	—				
Д810	9—10,5	26	12	—	—	0,28	—60 ÷ +120	Естественное
Д811	10—12	23	15	—				
Д813	11,5—14	20	18					
Д814А	7—8,5	40	6	0,07				
Д814Б	8—9,5	36	10	0,08				
Д814В	9—10,5	32	12	0,09	0,1	0,34	—60 ÷ +125	То же
Д814Г	10—12	29	15	0,095				
Д814Д	11,5—14	24	18	0,095				
Д815А	5,6	1 400	0,6	0,045				
Д815Б	6,8	1 150	0,8	0,05				Естественное с дополнительным теплоотводом или принудительное
Д815В	8,2	950	1	0,07				
Д815Г	10	800	1,8	0,08	1	8	—60 ÷ +125	
Д115Д	12	650	2	0,09				
Д815Е	15	550	2,5	0,1				
Д815Ж	18	450	3	0,11				

Тип	Напряжение стабилизации, *в*	Максимальный ток стабилизации, *ма*	Дифференциальное сопротивление, *ом*	Температурный коэффициент напряжения %/°С	Максимальный прямой ток, *а*	Максимальная мощность, *вт*	Диапазон рабочих температур, °С	Охлаждение
Д816А	22	230	7	0,12	1	5	—60 ÷ +120	Естественное с дополнительным теплоотводом или принудительное
Д816Б	27	180	8	0,12				
Д816В	33	150	10	0,12				
Д816Г	39	130	12	0,12				
Д816Д	47	110	15	0,12				
Д817А	56	90	35	0,14				
Д817Б	68	75	40	0,14				
Д817В	82	60	45	0,14				
Д817Г	100	50	50	0,14				
Д818А	9	33	18	+0,02	—	0,3	—60 ÷ +120	Естественное
Д818Б	9	33	18	—0,02				
Д818В	9	33	18	±0,01				
Д818Г	9	33	18	±0,005				
Д818Д	9	33	18	±0,002				
Д818Е	9	33	18	±0,001				
2С156А	5,6	55	28	0,05	—	0,3	—60 ÷ +120	То же
2С168А	6,8	45	10	0,06				
2С920А	120	42	100	0,16	1	5	—60 ÷ +120	Естественное с дополнительным теплоотводом или принудительное
2С930А	130	38	120	0,16				
2С950А	150	33	170	0,16				
2С980А	180	28	220	0,16				

Стабилитроны серий Д815—Д817 и 2С920—2С980 с дополнительной буквой П в конце обозначения (например, Д815БП) отличаются обратной полярностью выводов (минус на корпусе при прямом включении).

Таблица 10

Кремниевые варикапы

Тип	Номинальная емкость, *пф*, при 4 *в*	Максимальное обратное напряжение, *в*	Коэффициент перекрытия по емкости	Добротность при 4 *в* на частоте 50 *Мгц*, не менее	Температурный коэффициент емкости, *град*$^{-1}$, не более	Обратный ток, *мка*, не более	Максимальная мощность, *мвт*	Диапазон рабочих температур, °С
Д901А	22—32	80	4	25	$500 \cdot 10^{-6}$	1	0,25	—60÷+125
Д901Б	22—32	45	3	30				
Д901В	28—38	80	4	25				
Д901Г	28—38	45	3	30				
Д901Д	34—44	80	4	25				
Д901Е	34—44	45	3	30				

Таблица 11

Туннельные диоды

Тип	Ток в максимуме, $I_{макс}$, *ма*	Отношение токов в максимуме и минимуме, не менее	Напряжение максимума, *в*	Напряжение на второй восходящей ветви, *в*, при $I=I_{макс}$	Емкость, *пф*	Диапазон рабочих температур, °С
Германиевые						
1И302А	1,7—2,3	4,5	0,06	—	80	—60 ÷ +70
1И302Б	4,3—5,8	4,5	0,06	—	150	
1И302В	8,5—11,5	4,5	0,06	—	180	
1И302Г	13—17	4,5	0,06	—	120	
Арсенид-галлиевые						
3И301А	2	8	0,18	⩾0,65	12	—60 ÷ +70
3И301Б	5	8	0,18	0,85—1,15	25	
3И301В	5	8	0,18	1—1,3	25	
3И301Г	10	8	0,18	⩾0,8	50	

Таблица 12

Многослойные переключающие диоды

Тип	Напряжение переключения, *в*	Ток переключения, *ма*, не более	Ток выключения, *ма*, не более	Ток утечки, *ма*, не более	Остаточное напряжение, *в*, не более	Максимальное обратное напряжение, *в*	Обратный ток, *ма*, не более	Максимальный постоянный ток, *а*	Максимальный импульс тока, *а*, при длительности импульса τ=10 *мсек*	Время включения, *мксек*, не более	Время выключения, *мксек*, не более	Емкость диода, *пф*, не более	Ток управления, *ма*, не более	Максимальная мощность, *вт*	Диапазон рабочих температур, °С
Неуправляемые															
Д227А	10—20	5	15	0,1	1,5	10	0,5	0,2	2	0,5	10	100	—	—	—60÷+100
Д227Б	14—28														
Д227В	20—40														
Д227Г	28—56														
Д227Д	40—80														
Д227Е	56—112														
Д227Ж	80—160														
Д227И	100—200														
Д228А	10—20	1	15	0,06	1,5	—	0,5	0,05	2	0,1	5	80	—	—	—60÷+100
Д228Б	14—28														
Д228В	20—40														
Д228Г	28—56														
Д228Д	40—80														
Д228Е	56—112														
Д228Ж	80—160														
Д228И	100—200														

Окончание табл. 12

Тип	Напряжение переключения, *в*	Ток переключения, *ма*, не более	Ток выключения, *ма*, не более	Ток утечки, *ма*, не более	Остаточное напряжение, *в*, не более	Максимальное обратное напряжение, *в*	Обратный ток, *ма*, не более	Максимальный постоянный ток, *а*	Максимальный импульс тока, *а*, при длительности импульса τ=10 *мсек*	Время включения, *мксек*, не более	Время выключения *мксек*, не более	Емкость диода, *пф*, не более	Ток управления, *ма*, не более	Максимальная мощность, *вт*	Диапазон рабочих температур, °С
Управляемые															
Д235А	40	—	100	1	2	—	—	2	30 (при τ= =50 *мксек*)	5	25	—	20	4	—60÷+100
Д235Б	100	—	100	1	2	—									
Д235В	40	—	100	1	2	40									
Д235Г	100	—	100	1	2	80									
Д238А	50	—	—	—	2	—	—	10	—	10	35	—	150	20	—60÷+100
Д238Б	100	—	—	—	2	—									
Д238В	150	—	—	—	2	—									
Д238Г	50	—	—	—	2	50									
Д238Д	100	—	—	—	2	100									
Д238Е	150	—	—	—	2	150									

Таблица 13

Цветовая маркировка полупроводниковых диодов

Тип диода	Метки посредине корпуса	Метки на выводах	
		„+“	„—“
Д9А	—	Красная точка	—
Д9Б	Красная точка	» »	—
Д9В	Оранжевая точка	» »	—
Д9Г	Желтая точка	» »	—
Д9Д	Белая точка	» »	—
Д9Е	Голубая точка	» »	—
Д9Ж	Зеленая точка	» »	—
Д9И	2 желтые точки	» »	—
Д9К	2 белые точки	» »	—
Д9Л	2 зеленые точки	» »	—
Д9М	2 голубые точки	» »	—
Д10	—	Зеленый конец	—
Д10А	—	Желтый конец	—
Д10Б	—	Красный конец	—
Д11—Д14А	—	Красный конец	Черный конец
Д18	—	Красная точка	Желтая точка
Д20	—	Красный конец	Зеленый конец
Д101	Белая точка	—	—
Д101А	—	—	—
Д102	Желтая точка	—	—
Д102А	Оранжевая точка	—	—
Д103	Голубая точка	—	—
Д103А	Зеленая точка	—	—
Д104	Белая точка	—	—
Д104А	Красная точка	—	—
Д105	Желтая точка	—	—
Д105А	Оранжевая точка	—	—
Д106	Голубая точка	—	—
Д106А	Зеленая точка	—	—
Д219	—	Красная точка	—
Д219А	Красная точка	» »	Черная точка
Д220	Желтая точка	» »	Синяя точка
Д220А	» »	» »	Черная точка
Д220Б	» »	» »	Зеленая точка
Д223	4 красные точки	Красный конец	Черный конец
Д223А	2 красные точки	» »	» »
Д223Б	3 красные точки	» »	» »

Примечание. Корпус диодов Д10 — Д10Б окрашен в желтый цвет, а у других типов — либо в черный, либо не окрашен вовсе.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабутин Вадим Константинович

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

Редактор *Ю. Л. Голубев*

Художественный редактор *Д. И. Чернышев*

Технический редактор *Н. С. Мазурова*

Корректор *З. Б. Шлайфер*

Сдано в набор 21/I 1967 г.
Подписано к печати 25/V 1967 г. Т-06949
Формат 84×108[1]/[32]. Бумага типографская № 2.
Усл. печ. л. 1,68. Уч.-изд. л. 1,96. Тираж 140 000 экз.
Цена 08 коп Заказ 119

Издательство «Энергия», Москва, Ж-114,
Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати
при Совете Министров СССР.
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18б.

Цена 08 коп.